供应商竞争关系下的第三方物流融资及物流服务决策 *

马中华，徐学勤

(上海海事大学 经济管理学院，上海 201306)

摘 要：研究第三方物流企业（3PL）在处于竞争关系中的供应商面临资金约束时的融资策略选择问题。考虑由两个竞争关系的供应商和一个零售商构成的两级供应链，3PL 企业为供应链提供代采购、物流及融资服务，分别考虑在代采购中向供应商提供融资能够获得价格折扣和代采购中考虑额外资金成本情况下，3PL 融资意愿选择，向供应商提供（不提供）融资。建立 3PL、供应商和零售商在不同情况下的收益模型，并给出供应商和零售商的最优定价，以及 3PL 的最优物流服务收费决策，通过比较融资前后各个企业的收益分析 3PL 参与供应链融资的积极作用。研究发现 3PL 向处于竞争环境下的资金短缺供应商提供融资能够增加 3PL、零售商和供应链整体的收益，且 3PL 更愿意在考虑自身资金成本的情况下向供应商提供融资，并且供应商之间竞争越激烈，3PL 和零售商的获益越大。

关键词：竞争供应商；第三方物流；供应链融资；供应链管理

中图分类号：F273.2　　doi: 10.3969/j.issn.1001-3695.2017.08.0876

Third party logistics financing and logistics service decision-making under competition of suppliers

Ma Zhonghua, Xu Xueqin

(*School of Economics & Management*, *Shanghai Maritime University*, *Shanghai* 201306, *China*)

Abstract: This paper studied the financing strategy selection problem of third-party logistics enterprise (3PL) when suppliers in a competitive relationship face financial constraints. It considered the two-echelon supply chain composed of two competitive suppliers and one retailer, and 3PL provides the supply chain for purchasing, logistics and financing services. Considered two scenarios of providing financing to supplier to get a price discount and taking into account additional cost of capital in purchasing, 3PL makes decision whether to finance to a supplier. It established the model of profits of 3PL, suppliers and retailer under different circumstances, and presented retailer's and suppliers' optimal price decision, and 3PL's optimal logistics service price decision. It analyzed 3PL's positive role of participating in the supply chain financing by comparing the earnings of enterprises before and after financing. This research shows that providing financing to a supplier with a shortage of funds would increase the revenues of 3PL, the retailer and the overall supply chain, and 3PL is more willing to provide financing to supplier when considering its own cost of capital. It also shows that the more competitive the suppliers, the greater the benefits of the 3PL and the retailer.

Key Words: competing suppliers; third-party logistics; supply chain financing; supply chain management

0 引言

第三方物流企业（3PL）从提供仓储运输等传统物流服务发展为提供交易、结算、销售管理和信息管理等高端物流服务。怡亚通公司通过设置整个供应链生态圈，有效连接上下游企业之间的交易流程，打造动态企业联盟，增加供应链的整体效益。同时，供应链中的资金流问题引起了企业界和学术界的关注，企业资金不足除了影响自身生产和运作，还会对上下游企业的生产或销售产生影响，进而影响供应链整体的收益。3PL 凭借着掌握企业全部的物流活动的优势，通过提供融通仓和仓单质押等金融服务，为企业提供强有力的资金支持，主要的运作模式包括：3PL 作为银行主导下的代理监管为企业提供融资，通过融通仓融资模式将物流和金融服务合二为一[1]，以及代客结算模式、质押贷款模式和统一授信模式等[2]。供应链之间的竞争成为常态的情况下，3PL 参与下的融资决策考虑企业竞争更有实践意义。本文将研究供应商之间存在竞争关系的情况下，

基金项目：国家自然科学基金资助项目（71373157，71301045，71571117）；上海市高校能力提升计划项目（15590501800）；上海海事大学研究生创新项目（2017ycx015）

作者简介：马中华（1979-），女，辽宁西丰人，副教授，硕导，博士，主要研究方向为供应链金融、供应链合同管理（zhma@shmtu.edu.cn）；徐学勤（1993-），女，安徽太湖人，硕士研究生，主要研究方向为供应链与物流管理.

3PL 参与供应链融资决策对零售商的定价决策的影响，以及对增加供应链整体收益的贡献。

3PL 参与供应链融资的理论研究引起了学者们的广泛关注，实践中存在多种融资模式，3PL 在承担不同角色下的价值上也各有不同。陈祥锋和朱道立[3]对 3PL 在传统角色、代理角色和控制角色中的不同价值进行了比较；鲁其辉等人[4]采用 EOQ 模型研究并比较委托监管模式、物流银行模式和统一授信融资模式下的供应链中成员的收益情况，给出制造商和物流企业同时参与质押融资时的质押率和融资利率决策。3PL 的业务范围从传统物流拓展到供应链融资，对企业收益和决策影响不容忽视：孟卫东和王文倩[5]建立银行的最优贷款定价模型和 3PL 的存储定价模型，给出 3PL 参与融资下的企业最优质押融资量决策，并分析融资对企业以及供应链整体收益的影响；Chen 和 Cai [6]分析比较面临资金约束的零售商从银行或者 3PL 两种渠道的融资方式，通过对零售商订购量模型的求解，得出了 3PL 参与融资下的企业和供应链整体的效益较高的结论。3PL 参与供应链的融资中，其融资决策不仅影响供应链整体的收益，还会影响企业的运营决策，对此孙喜梅等人[7]研究了质押量与质押率、贷款利率的关系，给出了供应商的定价模型，分析参与融资的条件；孔伟和马中华[8]将存货质押融资引入到供应链贸易信用融资中，分析了 3PL 参与存货质押融资下的零售商最优订货批量决策的问题。已有的对 3PL 参与供应链融资的理论研究成果详细分析了其运作模式，以及对供应链整体收益的影响、对企业运营决策的影响等，但都是在具有垄断性质的供应链的背景之下，没有考虑企业之间的以及供应链之间的竞争，而事实上竞争是影响企业决策的重要因素之一，本文将考虑供应商竞争环境下，3PL 融资和物流服务决策以及零售商运营决策。

与本文内容相关的另一个方向是关于竞争供应链的研究，包括考虑下游零售商之间的竞争和上游供应商/制造商之间的竞争等。在供应链中存在竞争关系的情况下的供应链的协调和企业运营决策问题的研究成果较多，Zhang 等人[9]研究了零售商之间存在竞争关系下需求中断时的供应链的协调问题；Sinha 和 Sarmah [10]研究了存在竞争关系中的供应商销售非同质产品给共同零售商的价格竞争和渠道协调的问题。也有学者注意到了竞争环境下的企业运营决策与非竞争环境下的不同，Cachon 等人[11]研究了零售商在存在竞争关系的制造商处订购产品时的契约选取问题，结果表明零售商在制造商有竞争关系情况下所采取的合同与单一制造商情况下所采取的合同不一致；Shilei Yang 等人[12]考虑了产品的替代能力和品牌价值非对称的情况下，处于竞争环境中的制造商销售的渠道结构均衡问题，并比较了三种不同竞争方式下的零售商的定价决策。王勇等人[13]考虑有竞争关系的制造商的三级供应链中，非对称信息引起的博弈下的最优定价模型和各企业的利润影响。以上研究考虑了供应链中的竞争对企业决策和供应链整体收益的影响，Jiang 等人[14]进一步考虑了 3PL 参与下的竞争供应链中的决策问题，但没有涉及本文中的 3PL 参与供应链物流的同时向资金约束企业提供融资的问题。

3PL 提供融资对于该企业以及其他企业来说是不是有利的呢？再者，考虑 3PL 融资时候能够获得资金收益（有价格折扣）和额外的资金成本（有资金利率），其物流服务费用的决策有变化，因此，有资金收益或者考虑资金成本对 3PL 和其他各企业来说是不是有利的呢？当供应链中的企业处在竞争关系下时，3PL 是否参与该供应链的融资的决策，各个企业的定价决策等是否会受到影响，以及供应链整体收益能否得到优化等问题是本文研究的重点。本文将供应商之间的竞争因素和 3PL 参与融资的影响因素相结合来讨论 3PL 的融资和物流服务费用的决策和零售商的定价决策，与已有研究成果相比，创新点主要包括：（1）考虑 3PL 企业直接参与到供应链的融资过程中，利用自身资金优势向资金约束企业提供融资，3PL 为零售商提供代采购服务，直接与供应商进行资金的交易并收取相应费用，进而作出是否提供融资的决策；（2）考虑供应商之间的竞争，研究企业竞争因素与资金约束共同影响下的零售商运营决策问题。

1 相关参数及基本假设

考虑包含两个竞争供应商和一个零售商的两级供应链。供应商 1 供应产品 1，供应商 2 供应产品 2，两种产品具有部分替代性，因此当一种产品供应不足时，其供应部分会进入市场以满足部分的消费者的需求，另一种产品不能完全替代该产品。供应商与零售商之间的物流通过第三方物流企业（3PL）来完成，3PL 从供应商处订购产品，并交付货款，待产品运至零售商处，向零售商收取货款和物流服务费用。供应链的交易结构如图 1 所示，两个供应商分别确定其供应的产品的批发价格，3PL 从供应商 1 和供应商 2 处分别采购这两种产品，并将产品运输至零售商，零售商确定这两种产品的零售价格，销售至市场。产品的市场需求与价格相关，同时受到自身零售价格和替代品零售价格的影响。

相关符号说明如下：

1)决策变量

p_i　单位产品 i 的零售价格(零售商);

d_i　产品 i 的需求量(零售商);

w_i　单位产品 i 的批发价格(供应商);

m　3PL 从零售商处收取的单位物流服务费用(3PL);

q　3PL 提供给资金短缺的供应商的融资数量(3PL)。

辅助变量：

c_i　供应商 i 的单位生产成本;

c_L　3PL 的单位产品物流服务的运营成本;

B　资金约束的供应商的自有资金数量($B \ge 0$);

q_0　资金约束的供应商在无融资来源时的生产量;

α　资金约束的供应商给予 3PL 的价格折扣比例($\alpha > 1$);

r　3PL 提供融资的资金利率($0 < r < 1$);

π_k, π_k^N, π_k^F　在供应商 1 资金充足时、资金短缺却没有融资、资金短缺并有 3PL 融资时企业 $k, k = R, S1, S2, L$ 的利润。

其中 $R,S1,S2,L$ 分别代表零售商、供应商 1、供应商 2 和 3PL。

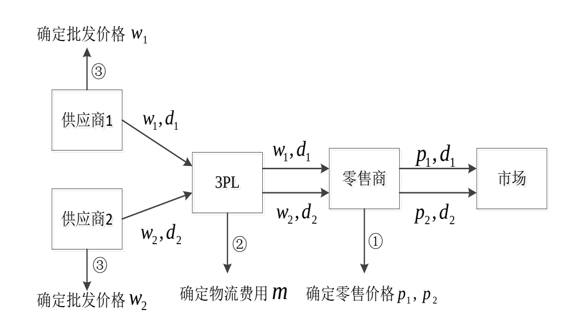


图 1　供应链的交易结构和决策顺序

根据实际性满足关系，本文假设 $p_i > w_i + m, w_i > c_i, m > c_L$ 成立。两种产品的需求函数是连续的并且假设市场消费者是价格敏感型的，即产品 i 的需求随该产品的价格增加而降低，随替代产品的价格增加而增加。为了分析方便，采用逆需求函数[11]

$$p_i = \theta_i - \beta d_i - \gamma d_j (i,j=1,2, i\neq j) \quad (1)$$

θ_i 表示产品 i 固有的价格，$\beta > \gamma > 0$ 表明产品的价格受自己的需求影响比受替代产品的需求影响更大。β 表示产品零售价格受产品自身数量的影响程度，γ 表示两种产品之间的替代程度，越接近于 β，表明替代性越大。

相关企业的决策顺序如下：首先，在给定两种产品的批发价格和物流服务价格下，零售商确定两种产品的销售价格，从而计算得到各自的需求量，按需进行采购；其次，3PL 在给定的产品批发价格下，确定其最优物流服务价格来使其利润最大化；最后，两个供应商分别确定其最优的批发价格，如图 1 所示。另外，本文假设供应商之间、供应商与零售商、3PL 之间的信息是完全对称的。

2　模型的建立和分析

3PL 在供应链中为零售商提供代采购和物流服务，从零售商处收取物流服务费用。供应商通过共同零售商销售不同的产品，存在竞争关系。如果其中一个供应商的自有资金不足，则由于产品供应不足会影响到零售商的收益和定价决策，也会影响到 3PL 的物流服务收益。为分析竞争供应商之一的资金约束对零售商决策及 3PL 收益的影响，以及 3PL 参与供应链融资的作用，本文将供应商的资金充足时各企业的收益作为标杆，将资金约束情况下和 3PL 提供融资情况下的对应收益与之进行比较，给出相应的企业决策。

2.1　供应商资金充足的情况

供应商的资金都充足时，供应商在竞争中通过预测对方的批发价格来确定使自己实现最优利润的批发价格，所以两者的批发价格在竞争中达到纳什均衡。此时 3PL 在供应链中只是担当物流服务的角色，将产品从供应商处采购后运送给零售商。零售商、3PL 和两个供应商的利润分别如下：

$$\pi_R = (p_1 - w_1 - m)d_1 + (p_2 - w_2 - m)d_2 \quad (2)$$

$$\pi_L = (m - c_L)(d_1 + d_2) \quad (3)$$

$$\pi_{S1} = (w_1 - c_1)d_1 \quad (4)$$

$$\pi_{S2} = (w_2 - c_2)d_2 \quad (5)$$

在给定两个供应商确定的批发价格和3PL确定的物流费用下，零售商确定使其利润实现最大化下的各产品的订购数量，即将两种产品的逆需求函数，式(1)，代入零售商利润函数，式(2)，分别对产品需求量求一阶导并令其为 0 联立得

$$\begin{aligned} d_1^* &= -\frac{m\beta - m\gamma + \beta w_1 - \gamma w_2 - \beta\theta_1 + \gamma\theta_2}{2(\beta^2-\gamma^2)} \\ d_2^* &= -\frac{m\beta - m\gamma - \gamma w_1 + \beta w_2 + \gamma\theta_1 - \beta\theta_2}{2(\beta^2-\gamma^2)} \end{aligned} \quad (6)$$

在给定批发价格下，3PL 根据零售商的反映函数式(6)来确定其收取的最优单位物流费用并使其利润达到最大化，将其利润函数对物流费用 m 求一阶导并令其为 0，得最优的单位物流服务费用为

$$m^* = \frac{1}{4}(2c_L - w_1 - w_2 + \theta_1 + \theta_2) \quad (7)$$

根据零售商和 3PL 的反映函数，(6)式和(7)式，并且在预测竞争对手的批发价格决策下，两个供应商确定使自己利润最大化下的批发价格，形成了纳什均衡，令 $\frac{\partial \pi_{S1}}{\partial w_1}=0$ 和 $\frac{\partial \pi_{S2}}{\partial w_2}=0$ 并联立方程得到最优批发价格为

$$\begin{aligned} w_1^* &= A(B_1c_1 + B_2c_2 - B_3c_L + B_4\theta_1 - B_2\theta_2) \\ w_2^* &= A(B_1c_2 + B_2c_1 - B_3c_L + B_4\theta_2 - B_2\theta_1) \end{aligned} \quad (8)$$

其中 $A = \frac{1}{35\beta^2 + 18\beta\gamma - 5\gamma^2}, B_1 = 2(3\beta+\gamma)^2$，$B_2 = 3\beta^2 + 10\beta\gamma + 3\gamma^2, B_3 = 14\beta^2 - 4\beta\gamma - 10\gamma^2$，$B_4 = 17\beta^2 + 6\beta\gamma - 7\gamma^2$。将式(8)代入式 (6)和(7)中得到最优解如下：

$$m^* = \frac{(14\beta - 6\gamma)c_L + (3\beta+\gamma)(\theta_1 + \theta_2 - c_1 - c_2)}{20\beta - 4\gamma} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} d_1^* &= \frac{(3\beta+\gamma)(B_2c_2 - B_2\theta_2 - B_3c_L + B_4\theta_1 - B_4c_1)}{8(5\beta-\gamma)(7\beta+5\gamma)(\beta^2-\gamma^2)} \\ d_2^* &= \frac{(3\beta+\gamma)(B_2c_1 - B_2\theta_1 - B_3c_L + B_4\theta_2 - B_4c_2)}{8(5\beta-\gamma)(7\beta+5\gamma)(\beta^2-\gamma^2)} \end{aligned} \quad (10)$$

由以上推导过程可得：

命题 1　两个有竞争关系的供应商在资金充足的情况下，供应商之间达到纳什均衡，最优批发价格由式(8)给出，3PL 收取的物流服务费用由式(9)给出，零售商的最优订购数量由式(10)给出。

2.2　供应商 1 资金约束情况

考虑供应商 1 的自有资金数量为 B，并假设其自有资金数量无法满足正常情况下的市场需求，即 $0 \le B < c_1 d_1^*$。此时，供应商 1 面临资金约束，并且没有融资支持，如前文假设用 N 来表示这种情景。供应商 1 在此种情况下生产量为 $q_0 = B/c_1 < \frac{(3\beta+\gamma)(B_2c_2 - B_2\theta_2 - B_3c_L + B_4\theta_1 - B_4c_1)}{8(5\beta-\gamma)(7\beta+5\gamma)(\beta^2-\gamma^2)}$。

产品 1 与产品 2 具有部分替代性，因此当产品 1 的产量不能满足市场需求时，两种产品的价格需求函数为

$$p_1=\theta_1-\beta q_0-\gamma d_2 \tag{11}$$

$$p_2=\theta_2-\beta d_2-\gamma q_0 \tag{12}$$

进而可得，零售商、3PL 和两个供应商的利润函数如下：

$$\pi_R{}^N=(p_1-w_1-m)q_0+(p_2-w_2-m)d_2 \tag{13}$$

$$\pi_L{}^N=(m-c_L)(q_0+d_2) \tag{14}$$

$$\pi_{S1}{}^N=(w_1-c_1)q_0 \tag{15}$$

$$\pi_{S2}{}^N=(w_2-c_2)d_2 \tag{16}$$

与上一节求解过程相类似，可得 3PL 和零售商的反映函数，以及批发价格的最优解满足：

$$d_2{}^{N*}=\frac{-2B\gamma-mc_1-c_1w_2+c_1\theta_2}{2\beta c_1} \tag{17}$$

$$m^{N*}=\frac{2B\beta-2B\gamma+c_1c_L-c_1w_2+c_1\theta_2}{2c_1} \tag{18}$$

$$w_2{}^{N*}=\frac{-2B(\beta+\gamma)+c_1c_2-c_1c_L+c_1\theta_2}{2c_1} \tag{19}$$

对于供应商 1 来说，批发价格越高则它的利润越大，因此 $w_1=p_1-m$，则此时零售商从产品 1 处获得的利润为 0。

命题 2 两个存在竞争关系的供应商之一在面临资金约束的情况下，供应商 1 的最优批发价格为 $w_1{}^{N*}=p_1{}^{N*}-m^{N*}$，供应商 2 的最优批发价格由(19)式给出，3PL 收取的物流服务费用由 (19) 式代入 (18) 式得到，为 $m^{N*}=\frac{B(6\beta-2\gamma)+c_1(-c_2+3c_L+\theta_2)}{4c_1}$，零售商的最优订购数量为 $d_1{}^{N*}=q_0$，$d_2{}^{N*}=-\frac{2B(\beta+\gamma)+c_1(c_2+c_L-\theta_2)}{8\beta c_1}$，并且 $w_1{}^{N*}>w_1{}^*$，$w_2{}^{N*}>w_2{}^*$，$m^{N*}<m^*$，$d_2{}^{N*}<d_2{}^*$，$p_1{}^{N*}=w_1{}^{N*}+m^{N*}$。

供应商 1 面临资金短缺却没有获得融资时，相对于资金充足时候的情况，供应商 1 和供应商 2 的批发价格都会相对较高，但是产品的销售量较少。对于供应商 1，当其自有资金数量较小时，无融资使其无法生产足够的产品，利润较低；当其自有资金较多时，由于生产的产品全部销售给零售商，零售商处于交易谈判的劣势，供应商 1 确定的批发价格较高，因而所获利润比资金充足时候的利润更大。对于供应商 2，其批发价格有所升高。当供应商 1 的资金不足并且没有获得融资时，供应商 2 的利润会较融资时候的高；当供应商 1 的资金较多且接近生产足够的产品 1 时，供应商 2 在资金充足时候的利润会更高。而 3PL 收取的物流服务费用相对较低，并且由于产品 1 的供应数量更少，3PL 的利润会大幅度降低；零售商销售产品 1 的销售额全部用来采购产品 1 和支付物流服务费用，销售产品 1 得到的利润为 0，而产品 2 的需求量也更少，批发价格更高，所以零售商总体的利润也是大幅度降低。

命题 3 由 $\frac{\partial d_2{}^{N*}}{\partial B}<0,\frac{\partial w_2{}^{N*}}{\partial B}<0,\frac{\partial m^{N*}}{\partial B}>0$ 可知，随着供应商 1 的自有资金数量的增加，产品 2 的需求量和批发价格在满足条件

$$w_2{}^{N*}>-\frac{(3\beta+\gamma)(B_2c_2-B_2\theta_2-B_3c_L+B_4\theta_1-B_4c_1)}{8(5\beta-\gamma)(7\beta+5\gamma)(\beta-\gamma)}+\frac{c_2-c_L+\theta_2}{2}$$

，$d_2{}^{N*}>-\frac{(3\beta+\gamma)(B_2c_2-B_2\theta_2-B_3c_L+B_4\theta_1-B_4c_1)}{32\beta(5\beta-\gamma)(7\beta+5\gamma)(\beta-\gamma)}-\frac{(c_2+c_L-\theta_2)}{8\beta}$ 下都随着下降，而 3PL 的物流费用在满足条件 $m^{N*}<\frac{(9\beta^2-\gamma^2)(B_2c_2-B_2\theta_2-B_3c_L+B_4\theta_1-B_4c_1)}{16(5\beta-\gamma)(7\beta+5\gamma)(\beta^2-\gamma^2)}+\frac{(-c_2+3c_L+\theta_2)}{4}$ 下随着增加。由 $\frac{\partial\pi_{S1}{}^{N*}}{\partial B}>0$ 在 $B<\frac{c_1(3\beta+\gamma)(B_2c_2-B_2\theta_2-B_3c_L+B_4\theta_1-B_4c_1)}{8(5\beta-\gamma)(7\beta+5\gamma)(\beta^2-\gamma^2)}$ 范围内成立可知，随着供应商 1 的自有资金数量在约束范围内增加，供应商的利润随着增加。

命题 4 当供应商之一存在资金约束并且没有获得融资时，3PL 和零售商的利润与资金充足情况相比有较大幅度降低。由于零售商的损失相比两个供应商获益更多，因此整个供应链的效益在供应商受资金约束情况下有所降低。

2.3 PL 提供融资的情况

由上述分析可知，资金短缺会使得 3PL 和供应链的利益受损，本文接进一步考虑 3PL 是否参与融资的决策，以及相应决策情形下的各个企业收益情况。供应链中的上游企业面临资金约束时，会通过融资或者贷款来缓解资金问题，而向银行贷款通常要有足够的信用度并且利息较高，此时企业会选择从供应链下游企业或者第三方企业来获得融资，为了吸引融资，会提供价格的折扣。3PL 接受价格折扣的契约时，物流服务价格必然会受到影响。所以，3PL 帮助资金约束的供应商进行融资，会面临是否接受价格折扣的合同的决策问题。同时，3PL 的资金提供给资金约束企业，会承担资金成本，当 3PL 的资金流转度较高时，较低的资金成本几乎可以忽略。因此，本文主要考虑无折扣也无利率、有折扣无利率和无折扣有利率的三种情形下，3PL 提供融资时候各企业的利润，并进行比较，从而得到 3PL 企业作出融资时物流服务价格的最优决策和决定是否接受批发价格折扣合同。由于有折扣也有利率的情况在模型分析上与无折扣也无利率情形相类似，为了简洁，在此不再赘述。

2.3.1 无折扣也无利率

供应商 1 的自有资金数量为 B，并且 B 不为零，如上节所述自有资金数量 B 满足条件 $0<B<c_1d_1{}^*$。首先考虑 3PL 在没有额外的资金收益也不考虑额外的资金成本的情况下，帮助供应商 1 进行融资，以满足零售商的采购和市场的需求。则 3PL 根据零售商的采购需求和供应商 1 已有的资金数量来提供资金帮助，即融资数量为 $q=d_1{}^*-q_0$，此时各个企业的利润与两个供应商的资金都充足时的利润一样。由此可见，融资可以使得供应商 1 能够供应零售商需采购的数量，生产量足够多，3PL 和零售商可以从产品 1 的采购和销售中获得更多利润，以此解决了供应商的资金不足对 3PL、零售商和供应链整体的利益损失问

题。

2.3.2 有折扣无利率

供应商 1 资金受约束时，为了获得 3PL 的资金支持，愿意给予融资部分的产品一定的价格折扣 α（$\alpha>1$），即融资部分的产品的批发价格为 $\frac{w_1}{\alpha}$。同样，满足零售商的采购和市场的需求，3PL 帮助供应商 1 进行融资，融资的数量为 $q=d_1-q_0$，此情形记为 $F1$。各企业的利润为

$$\pi_R^{F1}=(p_1-w_1-m)d_1+(p_2-w_2-m)d_2 \tag{20}$$

$$\pi_L^{F1}=(m-c_L)(d_1+d_2)+(w_1-\frac{w_1}{\alpha})q \tag{21}$$

$$\pi_{S1}^{F1}=(\frac{w_1}{\alpha}-c_1)q+(w_1-c_1)(d_1-q) \tag{22}$$

$$\pi_{S2}^{F1}=(w_2-c_2)d_2 \tag{23}$$

按照同样的决策顺序并考虑各企业的利润最大化，得到决策的结果如下：

$$d_1^{F1*}=-\frac{m\beta-m\gamma+\beta w_1-\gamma w_2-\beta\theta_1+\gamma\theta_2}{2(\beta^2-\gamma^2)} \quad d_2^{F1*}=-\frac{m\beta-m\gamma-\gamma w_1+\beta w_2+\gamma\theta_1-\beta\theta_2}{2(\beta^2-\gamma^2)} \tag{24}$$

$$m^{F1*}=\frac{2\alpha c_L+(1-2\alpha)w_1+\alpha(-w_2+\theta_1+\theta_2)}{4\alpha} \tag{25}$$

$$w_1^{F1*}=\frac{\alpha(16B(\alpha-1)(3\beta^3+\beta^2\gamma-3\beta\gamma^2-\gamma^3)+2(3\beta+\gamma)D_3c_1^2+c_1(B_2c_2-B_3c_L+B_4\theta_1-B_2\theta_2))}{((13+22\alpha)\beta^2+6(4\alpha-1)\beta\gamma+(2\alpha-7)\gamma^2)c_1}$$
$$w_2^{F1*}=\frac{8B(\alpha-1)(\beta^2-\gamma^2)D_1+D_2c_1^2+(2(3\beta+\gamma)D_3c_2-2(\beta-\gamma)D_4c_L+D_5\theta_1+D_6\theta_2)c_1}{((13+22\alpha)\beta^2+6(4\alpha-1)\beta\gamma+(2\alpha-7)\gamma^2)c_1} \tag{26}$$

其中:

$D_1=(2\alpha-1)\beta+(2\alpha+1)\gamma, D_2=(4\alpha^2-1)(\beta^2+\gamma^2)+2\beta\gamma(4\alpha^2+1), D_3=(2\alpha+1)\beta+(2\alpha-1)\gamma$，

$D_4=(6\alpha+1)\beta+(6\alpha-1)\gamma, D_5=2\alpha(\beta^2-4\beta\gamma-5\gamma^2)-5\beta^2-2\beta\gamma+7\gamma^2, D_6=2\alpha(5\beta^2+4\beta\gamma-\gamma^2)+7\beta^2-2\beta\gamma-5\gamma^2$。

命题 5 当供应商之一存在资金约束并且 3PL 在有折扣无利率时提供融资的情况下，融资的数量为 $q^{F1*}=d_1^{F1*}-q_0$，两个供应商的最优批发价格由(26)式给出，3PL 收取的物流服务费用由(25)式给出，零售商的最优订购数量由(24)式给出。

命题 6 在有折扣无利率情况下 3PL 融资时，对于两个供应商来说，由于

$\frac{\partial w_1^{F1*}}{\partial B}=\frac{16(-1+\alpha)\alpha(3\beta^3+\beta^2\gamma-3\beta\gamma^2-\gamma^3)}{((13+22\alpha)\beta^2+6(-1+4\alpha)\beta\gamma+(-7+2\alpha)\gamma^2)c_1}>0$，

$\frac{\partial w_2^{F1*}}{\partial B}=\frac{8(-1+\alpha)((-1+2\alpha)\beta+\gamma+2\alpha\gamma)(\beta^2-\gamma^2)}{((13+22\alpha)\beta^2+6(-1+4\alpha)\beta\gamma+(-7+2\alpha)\gamma^2)c_1}>0$ 可知，两种产品的批发价格随着自有资金数量的增加而增加。对于 3PL 来说，由

$$\frac{\partial m^{F1*}}{\partial B}=-\frac{2(-1+\alpha)(\beta-\gamma)(\beta+\gamma)(7(-1+2\alpha)\beta+(-1+6\alpha)\gamma)}{((13+22\alpha)\beta^2+6(-1+4\alpha)\beta\gamma+(-7+2\alpha)\gamma^2)c_1}<0$$

可知，单位物流服务价格随着自有资金数量的增加而降低。

命题 7 在有折扣无利率的情况下 3PL 提供融资，不同价格折扣对于各企业的利润有不同影响。对于 3PL，存在一个临界值 α_0（α_0 满足关系式 $\pi_L^{F1*}=\pi_L^{N*}$），当 $\alpha<\alpha_0$ 时，融资时的利润大于没有融资时的利润，而当 $\alpha>\alpha_0$ 时，融资时的利润小于没有融资时的利润。比较零售商的利润可知，对任意的 $\alpha>1$，$\pi_R^{F1*}>\pi_R^{N*}$，也就是融资能够使零售商获得更大的利润。对于供应商 1（供应商 2），存在一个临界值 α_1（α_2）（α_1 满足关系式 $\pi_{S1}^{F1*}=\pi_{S1}^{N*}$，$\alpha_1>\alpha_0$；$\alpha_2$ 满足关系式 $\pi_{S2}^{F1*}=\pi_{S2}^{N*}$，$\alpha_2<\alpha_0$），当 $\alpha<\alpha_1$（$\alpha<\alpha_2$）时，融资时的利润小于没有融资时的利润，而当 $\alpha>\alpha_1$（$\alpha>\alpha_2$）时，融资时的利润大于没有融资时的利润，因此折扣较大时融资对供应商 1 和供应商 2 来说是有利的。比较供应链整体的利润可知，对任意的 $\alpha>1$，$\pi_T^{F1*}>\pi_T^{N*}$，也就是融资能够提高供应链整体的效益。

2.3.3 无折扣有利率

供应商 1 的资金受约束时，若 3PL 帮助其融资会产生资金成本，融资的金额为 c_1d_1-B，资金利率为 r，而供应商 1 不会因为要获取融资而给予价格的折扣，此情形记为 $F2$，此时各企业的利润为

$$\pi_R^{F2}=(p_1-w_1-m)d_1+(p_2-w_2-m)d_2$$
$$\pi_L^{F2}=(m-c_L)(d_1+d_2)-(c_1d_1-B)r$$
$$\pi_{S1}^{F2}=(w_1-c_1)d_1$$
$$\pi_{S2}^{F2}=(w_2-c_2)d_2$$

同样得到决策的结果如下：

$$d_1^{F2*}=-\frac{m\beta-m\gamma+\beta w_1-\gamma w_2-\beta\theta_1+\gamma\theta_2}{2(\beta^2-\gamma^2)} \quad d_2^{F2*}=-\frac{m\beta-m\gamma-\gamma w_1+\beta w_2+\gamma\theta_1-\beta\theta_2}{2(\beta^2-\gamma^2)} \tag{27}$$

$$m^{F2*}=\frac{1}{4}(rc_1+2c_L-w_1-w_2+\theta_1+\theta_2) \tag{28}$$

$$w_1^{F2*}=\frac{((18-7r)\beta^2+2(6+r)\beta\gamma+(2+5r)\gamma^2)c_1+B_2c_2-B_3c_L+B_4\theta_1-B_2\theta_2}{35\beta^2+18\beta\gamma-5\gamma^2}$$
$$w_2^{F2*}=\frac{((3-7r)\beta^2+2(5+r)\beta\gamma+(3+5r)\gamma^2)c_1+B_1c_2-B_3c_L-B_2\theta_1+B_4\theta_2}{35\beta^2+18\beta\gamma-5\gamma^2} \tag{29}$$

命题 8 当供应商之一存在资金约束并且 3PL 在无折扣有利率时提供融资的情况下，融资的数量为 $q^{F2*}=d_1^{F2*}-q_0$，两个供应商的最优批发价格由(29)式给出，3PL 收取的物流服务费用由(28)式给出，零售商的最优订购数量由(27)式给出。

命题 9 在无折扣有利率的情况下 3PL 融资时，由 $\frac{\partial w_1^{F2*}}{\partial r}=-\frac{(\beta-\gamma)c_1}{5\beta-\gamma}<0$，$\frac{\partial w_2^{F2*}}{\partial r}=-\frac{(\beta-\gamma)c_1}{5\beta-\gamma}<0$ 可知，随着资金利率的增加，两个供应商决策的批发价格会随着降低；由于 $0<r<1$ 时，$\frac{\partial m^{F2*}}{\partial r}>0$ 可知，随着资金利率的增加，3PL 决策的单位物流服务价格随着升高。

命题 10 在无折扣有利率的情况下，将 3PL 此时的利润和没有融资的利润进行比较，对任意的符合实际的利率，融资时的利润较高。比较零售商的利润得到，融资对零售商也有利。对供应商 1 和供应商 2 来说则相反，无论利率多大，融资后的利润都相对较小。对供应链整体的利润相比较可知，存在一个利率的临界值 r_0（r_0 较大，超过符合实际的范围），当 $r<r_0$ 时，供应链整体因融资而受益，当 $r>r_0$ 时，供应链整体因融资而受损。

综上可知，有资金收益下 3PL 提供融资对各个企业的收益有不同的影响。价格折扣不同，融资后 3PL、供应商 1、2 和供应链整体的收益会受到不同的影响，可能比无融资的收益高，也可能比无融资的收益更低。零售商的收益在不同折扣下都会受益。有资金成本下 3PL 提供融资对各个企业的收益也有不同的影响。考虑实际情况，在任何利率下，融资后 3PL、零售商和供应链整体的收益比无融资时候的更高，而两个供应商的收益会相对较低。因此，3PL 提供融资对大多数企业来说是有利的，对供应链整体是有利的，选择在合适的价格折扣或资金利率下进行融资，才能够使 3PL、各个企业以及供应链整体都实现最优的收益。

3 数值分析

本章用数值分析的方法来分析 3PL 融资对其自身以及供应链中各成员的利弊，并且讨论供应商 1 的自有资金数量和其与供应商 2 的竞争程度对融资策略的影响。由于假设供应商之间的信息是完全对称的，则假设各个参数的数据为 $\theta_1=\theta_2=200$，$c_1=c_2=25$，$c_L=4$，$\beta=4$，$\gamma=2$。

在供应商的资金都充足的情况下，供应商之间的竞争达到纳什均衡，3PL 和零售商各自作出使自己的利润最大化的决策，各企业的最优决策和最优利润为 $p_1^*=p_2^*=166.75$，$w_1^*=w_2^*=63$，$m^*=70.5$，$\pi_R^*=368.521$，$\pi_L^*=737.042$，$\pi_{S1}^*=\pi_{S2}^*=210.583$。

供应商 1 的资金出现短缺时，也就是其自有资金的数量 B 所生产的产品数量无法满足零售商的采购需求。3PL 是否会帮助供应商 1 进行融资，如果提供融资的话，在有什么样的资金收益或者成本利率情况下，3PL 融资能够给自己和供应链的各个企业带来更大的利益，这是本文要考虑的问题。所以，下面分析供应商 1 的自有资金数量、两个供应商的竞争程度、供应商确定的批发价格折扣比例以及资金成本的利率对 3PL 融资的决策和各企业的利润的影响。

分析 1 不同自有资金数量下，不同融资情况下的各企业利润的变化。

在供应商 1 资金受约束时，即资金数量 B 满足 $0<B<c_1d_1^*=138.542$，分析 3PL 在什么情况下更有意愿进行融资，考虑供应商 1 资金受约束却无融资（no financing）（用虚线表示）、3PL 在只有折扣没有利率下提供融资（a discount）（用点线表示）、3PL 在只有利率没有折扣下提供融资（an interest rate）（用实线表示）、3PL 在既没有折扣又没有利率下（和资金充足时候的决策情况一样）（well founded）（用点划线表示）这四种情况，将供应商 1、供应商 2、3PL 和零售商四个企业的利润分别在四幅图中表现出来，从而便于进行比较。假设折扣比例和利率给定，设为 $\alpha=1.5$，$r=0.05$，分析不同 B 下各个企业的利润，如图 2 所示。

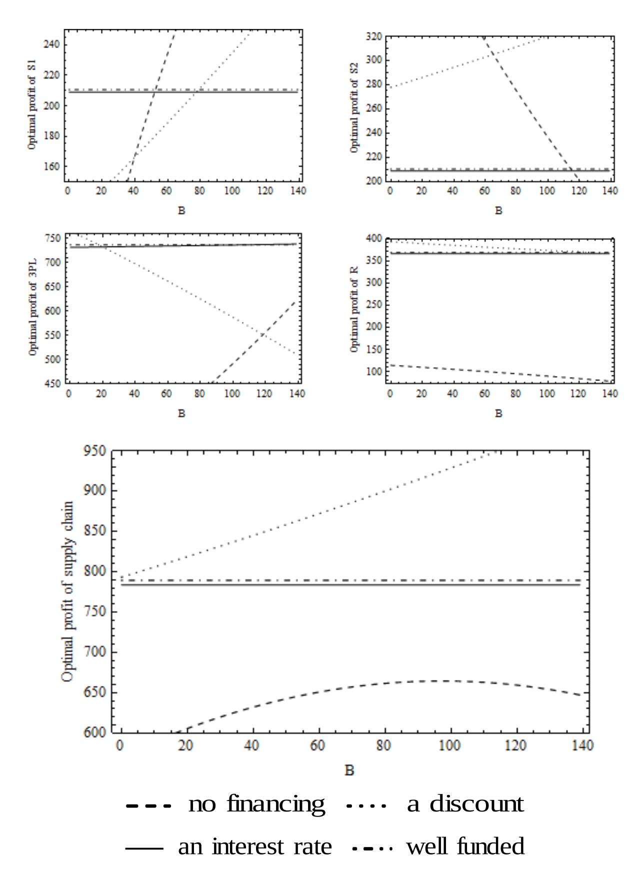


图 2 四种情况下各企业和供应链的最优利润随供应商 1 自有资金的变化

供应商 1 的自有资金数量不同，3PL 所做的融资的选择则会不同。当其自有资金数量较少时，3PL 在能够获得价格折扣时提供融资会获得最大的利益，当供应商 1 的自有资金较多时，3PL 在只考虑资金成本或者无折扣时获得利益最大。而对于供应链中各企业则出现不同的结果。当供应商 1 的资金较少时，供应商 1 希望在不给价格折扣时能够获得 3PL 的融资，供应商 2 希望供应商 1 没有进行融资；而当自有资金较多时，供应商 1 拒绝接受融资，而供应商 2 希望供应商 1 给予价格折扣并获得融资。零售商对于资金数量不太敏感，当然更希望供应商 1 给予折扣并获得融资。对于整个供应链，在有价格折扣时 3PL 帮助供应商 1 得到融资时可以获得最大利润，并且资金越多，利润越大。

分析 2 不同竞争程度下，不同融资情况下的各企业利润的变化。

供应商 1 受资金约束时，与供应商 2 之间的竞争程度会受到一定的影响，而它们之间的竞争程度会影响各企业的收益，那么，不同的竞争程度下 3PL 在哪种情况下提供融资更有利呢？

假设 $B=75$，$\alpha=1.5$，$r=0.05$，此分析中曲线的表示和分析 1 中的表示一样。首先，固定 β=4，分析 γ 从 0 到 3 变化时（不包含 0）的不同利润的变化，如图 3 所示。然后，固定 γ=2，分析 β 从 3 到 8 变化时的不同利润变化，如图 4 所示。由这两个图可以看出，两个供应商之间的竞争对各个企业都有一定的影响，当 $\gamma\to\beta$ 或 $\beta\to\gamma$ 时，竞争越激烈，不管融资与否，两个供应商的利润都会降低，零售商的利润都会越高，而 3PL 在无融资时候利润会降低，在提供融资时候利润会升高。对于 3PL 来说，供应商之间的竞争存在时，没有价格折扣的情况下帮助供应商 1 融资有利于获得更高的利润。对于供应商 1，竞争程度较小时希望能够得到融资，竞争程度较大时不倾向于得到融资。对于供应商 2，竞争程度较小时，供应商 1 在给予价格折扣情况下获得融资使其利润较大，而竞争程度较大时，供应商 1 没有获得融资时其利润更大。对于零售商来说，有没有折扣或利率下，3PL 融资使其获得的利润差别不大，只要供应商 1 得到融资，零售商都能得到更大的利润。对于整个供应链来说，有折扣下的 3PL 融资能够使整体效益最高。

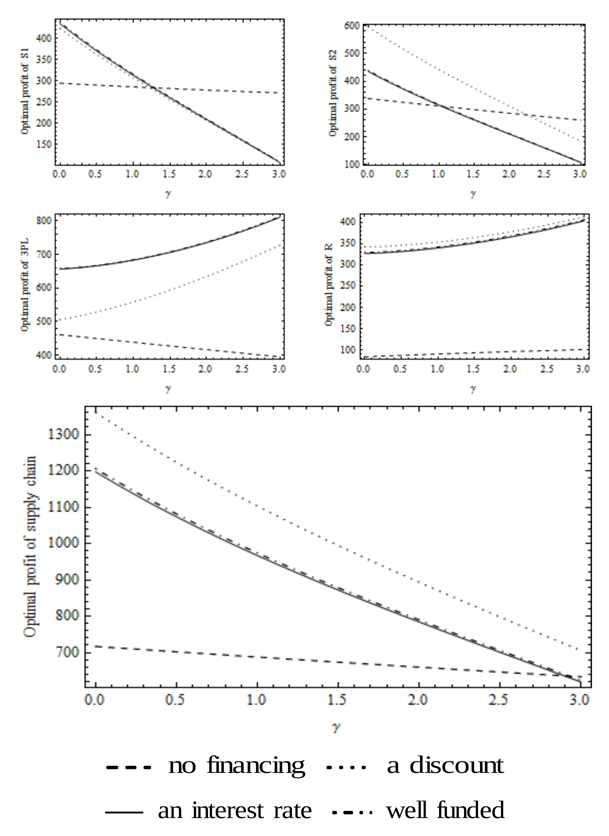


图 3　四种情况下当γ从 0 到 3 变化时各企业的最优利润

分析 3　不同价格折扣下，3PL 给予融资时各企业利润的变化。

若供应商 1 在其资金受约束时希望通过给予价格折扣来吸引 3PL 融资，但是折扣比例会影响到 3PL 的融资决策，因此有必要分析折扣在什么范围内 3PL 融资会获利较多。此处比较供应商 1 资金受约束却无融资（no financing）（用虚线表示）、3PL 在只有折扣没有利率下提供融资（a discount）（用点线表示）、3PL 在只有利率没有折扣下提供融资（an interest rate）（用实线表示）三种情况下不同企业的利润。假设 $B=75$，$r=0.05$，如图 5 所示。在有折扣下 3PL 给予融资的情况下，供应链中各企业的利润都是随着折扣越多利润越高，而 3PL 的利润随之降低。当折扣较大时，供应链中各企业和供应链整体能够获得最大利润，而 3PL 在有资金利率时的利润更高。因此，3PL 不管其折扣有多少，宁愿选择在考虑资金成本时给予供应商 1 融资，即使供应链整体和成员希望供应商 1 能够在有折扣情况下获得融资。

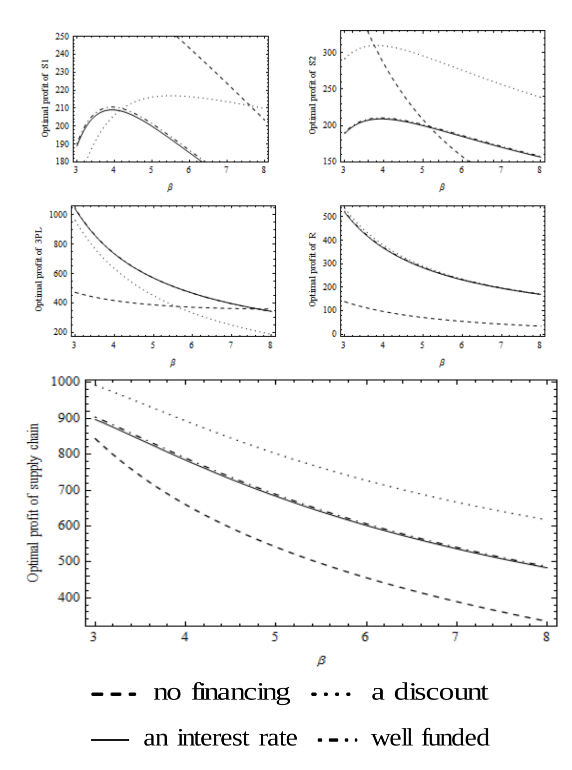


图 4　四种情况下当β从 3 到 8 变化时各企业和供应链的最优利润

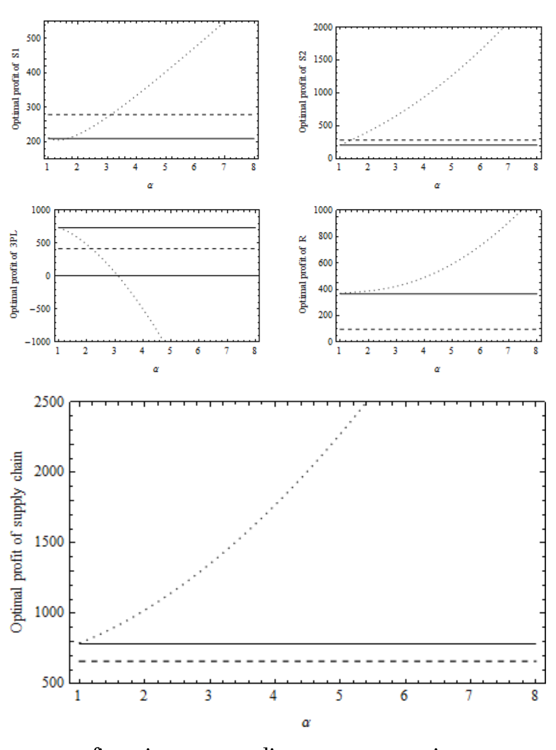


图 5　各种情况下各企业的最优利润随价格折扣的变化

分析 4　不同利率下，3PL 给予融资时各企业利润的变化。

若供应商 1 在其资金受约束时，考虑资金成本与否会影响 3PL 融资决策以及服务费用的决策，所以有必要分析利率不同的情况下，3PL 的融资决策对其自身的利润和供应链的利润的影响。图中曲线表示同分析 3。假设 $B=75$，$\alpha=1.5$，如图 6 所示。供应商 1 在没有得到融资时的利润最高，而供应商 2、零售商和整个供应链在有价格折扣下 3PL 为供应商 1 提供融资时的利润最高，3PL 则在只有利率时候给予融资得到的利润最高。这个结果与前面所分析的结果基本上一致。

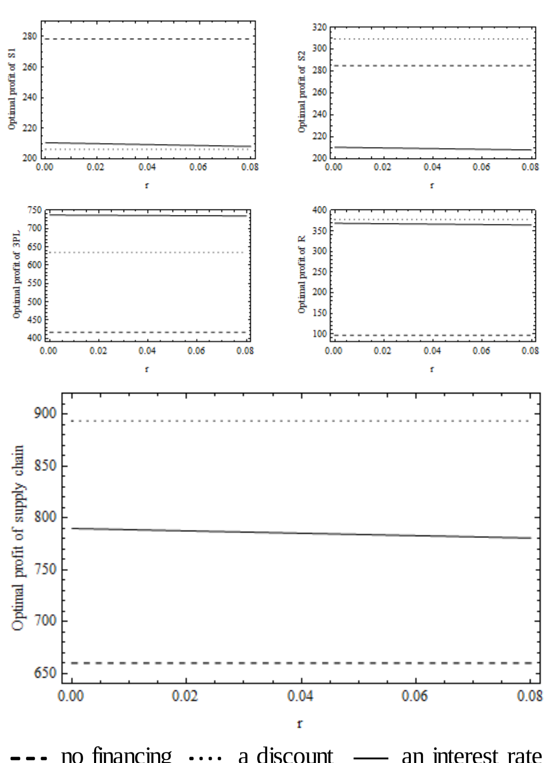


图 6　各种情况下各企业的最优利润随利率的变化

4　结束语

本文研究的是由两个存在竞争关系的供应商和一个零售商构成的两级供应链，供应商和零售商之间的采购和物流运输服务由 3PL 提供。当竞争中的供应商有资金短缺问题时，该产品会出现供应不足的风险，产品的销售量降低使得下游零售商的利润和 3PL 的利润受损。因此，下游零售商希望两个供应商能够保持竞争，3PL 希望两种产品都可以满足市场的需求从而获得较高的物流收益。对于其中一个供应商面临资金短缺的问题，3PL 若提供融资，在能获得价格折扣或者考虑资金成本的不同情况下，要收取的物流服务费用不同。本文比较了 3PL 和供应链中各个企业在有价格折扣下融资、在考虑资金成本下融资以及两者都没有的情况下融资所获得的利润和没有融资时的利润，分析 3PL 选择哪种情况下来提供融资能够使其和供应链整体获得更大的利润。本文分析结果表明，在供应商 1 的自有资金数量较少时，3PL 有意愿为该供应商提供融资，并且倾向于在有资金成本的情况下提供融资；供应商 1 也会倾向于接受融资，但是当其自有资金数量较大时不愿意接受融资，因为此时不接受融资可以获得更大的利润。供应商 2 的反映会出现与供应商 1 不同的结果，零售商则期望 3PL 帮助资金约束的供应商进行融资，并且更希望能够在供应商给予折扣的情况下提供融资支持，这样零售商可以获得更高的利润。综合上述分析，包括两个供应商和一个零售商的两级供应链的利润是在 3PL 获得价格折扣的情况下融资时最大。此外，本文还分析了各个企业的利润受两个供应商的竞争程度的影响情况。分析表明竞争程度越大，两个供应商的利润会随着下降，3PL 和零售商的利润会随着升高。在任何竞争程度下，3PL 都会提供融资，并且会选择在考虑资金成本时进行融资。

本文研究中有一定的局限。首先，假设各企业之间的信息是完全对称的，这在供应商和 3PL 企业、零售商之间有长期合作关系时可能存在，后面的研究中可以考虑它们之间的信息非对称情况。然后，本文假设的是需求和价格是满足线性关系的，现实中需求通常是不确定的。因此，本文可以进一步研究当需求是随机的情况下，零售商如何作出采购决策，3PL 如何作出融资的选择。此外，两个有竞争关系的供应商可能都存在资金短缺问题，此时 3PL 是否愿意同时帮助两者进行融资有待研究和讨论，这也是本文进一步要研究的方向。

参考文献：

[1] 缪桂根，高琴. 供应链金融——第三方物流企业的新机遇 [J]. 交通企业管理, 2010, 25 (2): 52-54.

[2] 段晓鹏. 基于供应链优化的第三方物流企业物流金融模式分析 [J]. 湖北财经高等专科学校学报, 2012 (2): 46-49.

[3] 陈祥锋，朱道立. 资金约束供应链中物流提供商的系统价值研究 [J]. 系统工程学报, 2008, 23 (6): 666-673.

[4] 鲁其辉，姚佳希，周伟华. 基于 EOQ 模型的存货质押融资业务模式选择研究 [J]. 中国管理科学, 2016, 24 (1): 56-66.

[5] 孟卫东，王文倩. 3PL 参与下的存货质押融资协调与均衡策略 [J]. 物流技术, 2015 (1): 100-102.

[6] Chen Xiangfeng, Cai Gangshu. Joint logistics and financial services by a 3PL firm [J]. European Journal of Operational Research, 2011, 214 (3): 579-587.

[7] 孙喜梅，赵国坤，汪颖. 存货质押融资对供应链效益的影响 [J]. 深圳大学学报：理工版, 2014, 31 (3): 317-324.

[8] 孔伟，马中华. 贸易信用及存货质押融资下供应链的协调策略 [J]. 工业工程与管理, 2014, 19 (1): 72-78.

[9] Zhang Weiguo, Fu Junhui, Li Hongyi, et al. Coordination of supply chain with a revenue-sharing contract under demand disruptions when retailers compete [J]. International Journal of Production Economics, 2012, 138 (1): 68-75.

[10] Sinha S, Sarmah S P. Coordination and price competition in a duopoly common retailer supply chain [J]. Computers & Industrial Engineering, 2010, 59 (2): 280-295.

[11] Cachon G P, Kök A G. Competing manufacturers in a retail supply chain: on contractual form and coordination [J]. Management Science, 2010, 56 (3): 571-589.

[12] Yang Shilei, Shi V, Jackson J E. Manufacturers'channel Structures when selling asymmetric competing products [J]. International Journal of Production Economics, 2015, 170: 641-651.

[13] 王勇，乔伟清，姜林. 制造商生产成本信息不对称下三级供应链定价和利润研究 [J]. 物流技术, 2015, 34 (13): 198-203.

[14] Jiang Lin, Wang Yong, Yan Xiaoming. Decision and coordination in a competing retail channel involving a third-party logistics provider [J]. Computers & Industrial Engineering, 2014, 76 (1): 109-121.